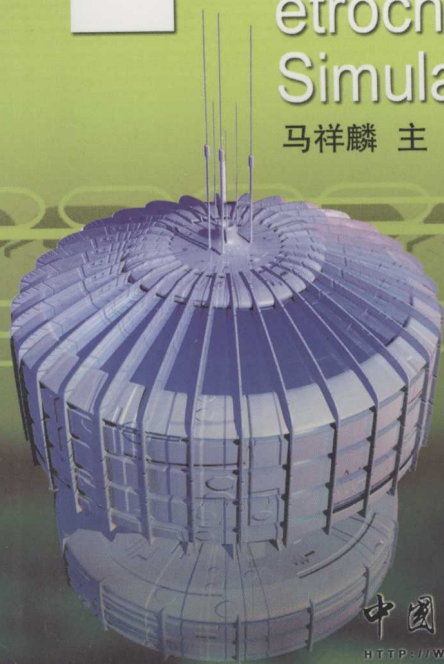


高职高专系列教材

石油化工装置 仿真实训

etrochemical Plant
Simulation Training

马祥麟 主 编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

高职高专系列教材

石油化工装置仿真实训

马祥麟 主 编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是石油化工类高等职业技术学院石油化工、石油加工、应用化工等专业的一门重要专业实训课程。重点训练学生掌握开车、停车、事故处理等过程的实际操作方法,为学生走向工作岗位打下良好基础。

本书介绍石化专业常用装置的开车、停车、事故处理等仿真实训项目。主要叙述合成氨装置、原油常减压装置、乙烯生产装置的基本生产过程,着重阐述上述装置仿真操作过程。

本书适用于石油化工类相关专业的本科、专科学生使用,也可用于现场培训教学。

图书在版编目(CIP)数据

石油化工装置仿真实训/马祥麟主编. —北京:中国石化出版社,2007

(高职高专系列教材)

ISBN 978 - 7 - 80229 - 378 - 6

I. 石… II. 马… III. 石油化工 - 化工设备 - 仿真 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. TE9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 105201 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850 × 1168 毫米 32 开本 5 印张 129 千字
2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定价:12.00 元

《石油化工装置仿真实训》 编写委员会

主任委员：汝宇林

副主任委员：史文权 冯文成

委 员：马祥麟 罗资琴 杨西萍

侯 侠 王焕梅 齐晓春

程志刚

前 言

为适应我国经济和社会的发展，职业技术教育更加注重增强学生的实践能力和动手能力，提高学生的职业素质和职业能力。我们根据石油化工职业技术教育的特点，为使 学生掌握较全面的石化装置仿真操作技术，为走向石化行业和相关行业打下坚实的基础，组织编写了《石油化工装置仿真实训》一书。

《石油化工装置仿真实训》是石油、化工类高等职业技术学院石油化工、石油加工、化工等专业的一门重要专业实训课程，包括石油、化工典型的生产过程的基本原理、典型设备的结构及强化开车、停车、事故处理的实际操作方法，为学生走向工作岗位打下良好基础。所以，该课程的实践性强，它不仅有完整的理论体系，又有独特的实践研究方法。它的教学除了系统地讲授基础理论外，还必须进行实训操作教学，以加深学生对所学理论知识的理解，培养学生的动手能力及运用理论知识发现问题、分析问题和解决问题的能力，提高学生的职业技能，更好地完成培养目标。其主要任务如下：

- (1) 培养学生严肃认真的科学态度和严谨的工作作风；
- (2) 培养学生敏锐的观察能力、收集数据能力、分析归纳数据能力；
- (3) 培养学生理论联系实际能力及分析问题、解决问题的能力；
- (4) 培养学生寻求适宜优化操作条件、探索强化过程方向及技术革新改造的初步能力；

(5) 训练学生熟练掌握石化装置仿真的操作方法及相关技术参数, 排除生产故障, 优化生产操作过程的能力。

《石油化工装置仿真实训》包括了石油化工生产中的典型过程: 合成氨装置、常减压装置、乙烯裂解装置的基本生产过程。本书由兰州石化职业技术学院副院长汝宇林总体设计策划, 石油化学工程系和教务处共同组织编写。马祥麟编写合成氨装置转化和氨合成部分; 侯侠编写合成氨装置的净化部分; 罗资琴编写常减压装置部分; 杨西萍编写乙烯裂解部分。本书由马祥麟负责统稿。石油化学工程系史文权、冯文成、王焕梅等参与了全书的审定工作。

限于编者水平, 错误缺点在所难免, 敬请读者批评指正。

《石油化工装置仿真实训》编委会
2007年6月

目 录

| | |
|-------------------------|--------|
| 第一章 合成氨装置系统——转化工段 | (1) |
| 第一节 装置概况 | (1) |
| 第二节 装置冷态开工过程 | (5) |
| 第三节 正常操作规程 | (11) |
| 第四节 装置正常停车过程 | (13) |
| 第五节 事故处理 | (16) |
| 第六节 工艺跳车联锁逻辑说明 | (21) |
| 第七节 下位机画面设计 | (22) |
| 第二章 合成氨装置系统——净化工段 | (24) |
| 第一节 装置概况 | (24) |
| 第二节 工艺仿真范围 | (25) |
| 第三节 控制回路一览表 | (26) |
| 第四节 装置冷态开车 | (27) |
| 第五节 装置正常停工过程 | (30) |
| 第六节 事故列表 | (31) |
| 第七节 自动保护系统 | (35) |
| 第八节 评分细则 | (35) |
| 第九节 仿 DCS 画面设计 | (41) |
| 第三章 合成氨装置系统——氨的合成 | (45) |
| 第一节 装置概况 | (45) |
| 第二节 装置冷态开工过程 | (48) |
| 第三节 正常操作规程 | (56) |
| 第四节 装置正常停工过程 | (58) |
| 第五节 事故列表 | (59) |

| | | |
|-------------|----------------------|----------------|
| 第六节 | 自动保护系统 | (60) |
| 第七节 | 下位机画面设计 | (61) |
| 第四章 | 常减压装置系统 | (64) |
| 第一节 | 装置概况 | (64) |
| 第二节 | 装置冷态开工过程 | (68) |
| 第三节 | 装置正常停工过程 | (79) |
| 第四节 | 紧急停车 | (95) |
| 第五节 | 事故列表 | (95) |
| 第六节 | 下位机画面设计 | (100) |
| 第五章 | 乙烯裂解单元 | (103) |
| 第一节 | 工艺流程简介 | (103) |
| 第二节 | 设备及工艺控制点 | (105) |
| 第三节 | 操作控制 | (116) |
| 第四节 | 正常开车 | (119) |
| 第五节 | 其他工况操作 | (127) |
| 第六节 | 事故处理 | (131) |
| 参考文献 | | (151) |

第一章 合成氨装置系统 ——转化工段

第一节 装置概况

一、工艺流程简述

1. 概述

转化工段包括下列主要部分：

原料气脱硫；

原料气的一段蒸汽转化；

转化气的二段转化；

变换；

给水、炉水、蒸汽系统。

2. 原料气的脱硫

来自厂外配气站的天然气经 FQ-30 计量，在原料气余热器 (141-C) 中被低压蒸汽预热后，进入活性炭脱硫槽 (101-DA、102-DA 一用一备)，进行初脱硫后，经压缩机 (102-J) 加压。在一段炉对流段低温段加热到 230℃ 左右与 103-J 段间来氢混合后进入 Co-Mo 加氢和氧化锌脱硫槽 (108-D) 终脱硫后，天然气中的总硫 $\leq 0.1 \mu\text{g/g}$ 。

3. 原料气的一段蒸汽转化

脱硫后的原料气与中压蒸汽混合后，经对流段高温加热后，进入一段炉 (101-B) 的 336 根触媒反应管进行蒸汽转化，管外由顶部的 144 个烧嘴提供反应热，经一段转化后，气体中残余甲烷在 9.5% ~ 10% 左右。

4. 转化气的二段转化

一段转化气进入二段炉(103 - D)，在二段炉中同时送入工艺空气，工艺空气来自空气压缩机(101 - J)加入少量中压蒸汽并经对流段高温段预热，转化气中的 H_2 和空气中的氧燃烧产生的热量供给转化气中的甲烷在二段炉触媒中进一步转化，出二段炉的工艺气残余甲烷含量在 0.3% 左右，经并联的两台第一废热锅炉回收热量，再经第二废热锅炉进一步回收余热后，送去变换。

5. 变换

由第二废热锅炉来的转化气约含有 12% ~ 14% CO ，进入高变炉(104 - DA)，在高变催化剂的作用下将部分 CO 转化成 CO_2 ，经高温变换后 CO 含量降到 3% 左右，然后经第三废热锅炉(103 - C)回收部分热能，经换热器(104 - C)进入低变炉(104 - DB)在低变触媒的作用下将其余 CO 转化为 CO_2 ，出低变炉的工艺气中 CO 含量约为 0.3% 左右。

6. 给水、炉水、蒸汽系统

合成氨装置开车时，将从界外引入 3.8MPa、327℃ 的中压蒸汽约 50t/h。辅助锅炉和废热锅炉所用的脱盐水从水处理车间引入，用并联的低变出口气加热器(106 - C)和甲烷化出口气加热器(134 - C)余热到 100℃ 左右，进入除氧器(101 - U)脱氧段，在脱氧段用低压蒸汽脱除水中溶解氧后，然后在储水段加入二甲基酮污除去残余溶解氧。最终溶解氧含量小于 $7\mu\text{g/g}$ 。

除氧水加入氨水调节 pH 值至 8.5 ~ 9.2，经锅炉给水泵 104 - J/ JB，再经并联的合成气加热器(123 - C)，甲烷化气加热器(114 - C)及一段炉对流段低温段锅炉给水预热盘管加热到 295℃ 左右进入汽包(101 - F)，同时在汽包中加入磷酸盐溶液，汽包底部水经 101 - CA/CB、102 - C、103 - C、一段炉对流段低温段废热锅炉及辅助锅炉加热部分汽化后进入汽包，经汽包分离出的饱和蒸汽在一段炉对流段过热后送至 103 - JAT，经 103 -

JAT 抽出 3.8MPa、327℃ 中压蒸汽，供各中压蒸汽用户使用。103-JAT 停运时，高压蒸汽经减压，全部进入中压蒸汽管网，中压蒸汽一部分供工艺使用、一部分供凝汽透平使用，其余供背压透平使用，并产生低压蒸汽，供 111-C、101-U 使用，其余为伴热使用。在这个公段中，综合脱水反应是在三个串联的反应器中进行的，接着是一台分层器，用来把有机物从液流中分离出来。

二、工艺仿真范围

本转化装置转化工段仿真以主工艺物流的工艺过程和设备为主，对于公用工程和附属系统不进行过程定量模拟，只作事故定性仿真（如：停冷却水，停蒸汽等），具体包括如下过程在内：原料气脱硫，原料气的一段蒸汽转化，转化气的二段转化，变换，给水、炉水、蒸汽系统。

由于本仿真系统主要以仿 DCS 操作为主，因而在不影响操作的前提下，对一些不很重要的现场操作进行简化。简化主要内容：不重要的间歇操作，部分现场手阀，现场盲板拆装，现场分析及现场临时管线拆装等等。另外，根据实际操作需要，对一些重要的现场操作也进行了模拟，并根据 DCS 画面设计一些现场图，在此操作画面上进行部分重要现场阀的开关和泵的启动停止。对 DCS 的模拟，以宁夏化工厂提供的 DCS 画面和操作规程为依据，并对重要回路和关键设备在现场图进行补充。图 1-1 为转化工段仿真培训软件大概内容（现场画面见附图）。

三、控制回路一览表

本转化装置转化工段仿真培训系统涉及到的仪表控制回路的详细内容见表 1-1，该表给出了仪表回路的位号、回路描述、工程单位、正常设定及正常输出。这些内容仅供操作参考。

石油化工装置仿真实训

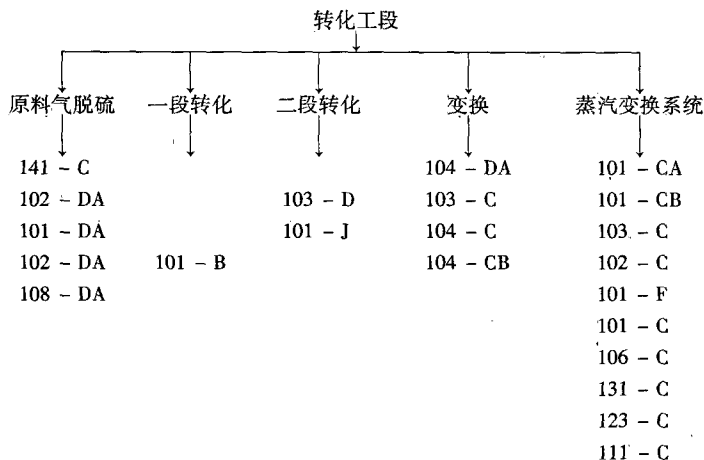


图 1-1 转化工段工艺仿真范围示意图

表 1-1 转化工段仪表回路一览表

| 回路名称 | 回路描述 | 工程单位 | 设定值 | 输出 |
|----------|------------------|------|-------|----|
| PRC1 | 原料气入口压力控制 | MPa | 1.82 | 50 |
| PRC102 | 102 - J 出口压力控制 | MPa | 3.86 | 50 |
| PRC69 | 102 - J 入口压力控制 | MPa | 1.82 | 50 |
| FIC12 | 102 - J 防喘震流量控制 | kg/h | 0 | 50 |
| FRCA1 | 102 - J 出口流量控制 | kg/h | 24556 | 50 |
| FRCA2 | 101 - B 进蒸汽量控制 | kg/h | 67000 | 50 |
| FFC2 | 水碳比例控制 | | 3.5 | 50 |
| PRC1018 | 101 - F 压力控制 | MPa | 106 | 50 |
| AICRA6 | 辅锅氧含量控制 | % | 3 | 50 |
| FIC1003 | 锅炉进风量控制 | kg/h | 7611 | 50 |
| PICAS103 | 101 - BJA 出口压力控制 | MPa | 1147 | 50 |
| PRCA19 | 101B 压力控制 | MPa | -50 | 50 |
| PRC34 | 燃气进料总压力控制 | MPa | 0.8 | 50 |
| FRC1002 | 辅锅燃气进量控制 | kg/h | 2128 | 50 |
| FIC1004 | 过热烧嘴风量控制 | kg/h | 15510 | 50 |
| TICA1238 | 过热蒸汽温度控制 | DECC | 445 | 50 |
| FIC1237 | 过热烧嘴燃气量控制 | kg/h | 320 | 50 |
| AICRA6 | 辅锅氧含量控制 | % | 3 | 50 |
| PICA21 | 辅锅压力控制 | MPa | -50 | 50 |

续表

| | 回路名称 | 回路描述 | 工程单位 | 设定值 | 输出 |
|------------------|---------|---------------|------|-------|----|
| 二段 转 化 | FRCA3 | 二段转化气进空气流量控制 | kg/h | 33757 | 50 |
| | FRCA4 | 101-J出口总流量控制 | kg/h | 33757 | 50 |
| | TRCA104 | 进104-DA温度控制 | DEGC | 371 | 50 |
| | TRCA11 | 进104-DB物料温度控制 | kg/h | 240 | 0 |
| | LICA22 | 101-U液位控制 | % | 50 | 50 |
| | LRCA76 | 101F液位控制 | % | 50 | 50 |
| | 回路名称 | 回路描述 | 工程单位 | 设定值 | 输出 |
| 蒸 汽 生 产 | PIC13 | MS压力控制 | MPa | 3.865 | 50 |
| | PIC14 | 50#蒸汽压力控制 | MPa | 0.34 | 50 |
| | PIC17 | 20#蒸汽压力控制 | MPa | 1.378 | 50 |
| | PIC25 | 545#蒸汽压力控制 | MPa | 0.34 | 50 |
| | LICA2 | 135-JC | % | 50 | 50 |

第二节 装置冷态开工过程

一、引DW、除氧器101-U建立液位

- (1) 现场开预热器106-C、134-C入口总阀。
- (2) 开入106-C阀。
- (3) 开入134-C阀。
- (4) 开106-C、134-C出口总阀。
- (5) 开LICA-23、现场开101-U底排污阀LICA-24，当LICA-23达60%投自动。

二、开104-J、汽包101-F建液位

- (1) 现场开101-U顶部放空阀。
- (2) 现场开低压蒸汽进101-U阀PCV-229。
- (3) 开加DMKO阀，以利于分析101-U水中氧含量。
- (4) 开104-J出口总阀MIC-12。

石油化工装置仿真实训

(5) 开 MIC - 1024。

(6) 开 SP - 7 (到辅操台按“SP - 7”开按钮), 现场开加 NH₃ 阀。

(7) 开 104 - J/JB。

① 开入口阀。

② 开平衡阀。

③ 开流阀。

④ 开 104 - J 的透平 MIC - 27/28, 启动 104 - J/JB。

⑤ 开 104 - J 出口小旁路, 控制 LICA - 1 (即 LRCA76 50% 投自动) 在 50%。

三、开 101 - BJ、101 - BU 点火升温

(1) 开风门 MIC - 30, 开 MIC - 31。

(2) 开 AICRA8, 控制氧含量。

(3) 开 PICA21, 控制辅锅炉膛负压。

(4) 全开顶部烧嘴风门 (点火现场 1、点火现场 2 的 1 ~ 9 排空气阀)。

(5) 现场先开一段炉引风机 101 - BJ。

(6) 再开 PRCA19, 控制 PICA19 与 PICA21 在 -50Pa 左右。

(7) 到辅操台按“启动吹扫”按钮。

(8) 到辅操台把 101 - B 工艺总联锁开关打旁路。

(9) 现场开燃料气进料总压力控制 PRC - 34 后截止阀。

(10) 在燃料气系统图上全开 PCV36。

(11) 把燃料气进料总压力控制 PRC - 34 设在 0.8MPa 投自动。

(12) 开点火烧嘴阀门 (点火现场 3 从上往下数第 3 排从左往右数 2、4、6 阀)。

(13) 按点火启动按钮 (点火现场 3 从上往下数第 3 排 2、4、6 阀下方的方块)。

(14) 开主火嘴阀门(点火现场3 从上往下数第3 排从左往右数1、3、5 阀)。

(15) 在燃料气系统图上开 FRC1002, 并全开 MIC1284, MIC1274, MIC1264。

(16) 在辅操台上按“蒸汽温度高复位”按钮、“101 - F 液位低复位”按钮、“允许 101 - BU 就地点火”按钮。

(17) 101 - BU 升温、升压(水、蒸汽系统图)。

① 在升压前, 稍开 101 - F 顶部 2 寸管放空阀, 当产汽后加 Na_3PO_4 。

② 现场开过热蒸汽总阀。

③ 当 $\text{PI} - 90 > 0.4\text{MPa}$ 时, 开 101 - F 蒸汽出口大阀, 用过热蒸汽总阀控制升压。

④ 当 $\text{PI} - 90$ 达 6.3MPa 、TRCA - 1238 比 $\text{TII} - 34$ 大 $50 \sim 80^\circ\text{C}$ 时, 进行安全阀试跳。

四、108 - D 升温、硫化

(1) 现场全开 101 - DA 进出口阀。

(2) 现场全开 102 - J 大副线。

(3) 在辅操台上按“SP - 2 复位”按钮和“SP - 2B 开”按钮。

(4) 稍开 102 - J 出口流量控制阀 FRCA1。

(5) 现场全开 108 - D 入口阀。

(6) 现场全开入界区 NG 大阀。

(7) 稍开原料气入口压力控制 PRC1。

(8) 现场开 108 - D 出口放空。

(9) 将 FRCA1 缓慢提升至 30% ($7367\text{Nm}^3/\text{h}$)。

(10) 开现场 141 - C 的低压蒸汽, 将 $\text{TII} - 1$ 加热到 $40 \sim 50^\circ\text{C}$ 。

(11) 当 $\text{TI} - 109$ 为 200°C 时, 开界外加氢阀。

(12) 当 $\text{AR} - 4 < 0.5\mu\text{g}/\text{g}$ 稳定后, 准备投料。

五、空气升温(二段转化及高低变)

- (1) 开二段转化炉 103 - D 工艺气出口阀 HCV - 8。
- (2) 开 TRCA10、TRCA。
- (3) 启动 101 - J。
 - ① 投 101 - J 段间换热器 CW。
 - ② 按辅操台上“FCV - 4、4A 复位”按钮。
 - ③ 全开空气入口打阀。
 - ④ 开 101 - J 透平 SIC - 101。
 - ⑤ 按辅操台上“101 - J 启动复位”按钮。
- (4) 控制 PR - 112 在 106MPa。
- (5) 开空气升温阀充压。
- (6) 当 P1 - 63 升到 0.2 ~ 0.3MPa 时, 渐开 MIC - 26, 保持 P1 - 63 < 0.3MPa。
 - (7) 开 SP - 3 旁路, 加热 103 - D。
 - (8) 当温升速度减慢时, 点火嘴。
 - ① 在辅操台上按“101 - B 燃料气复位”按钮。
 - ② 开炉顶烧嘴燃料气控制阀 MIC - 1、2、3、4、5、6、7、8、9。
 - ③ 开一到九排点火枪。
 - ④ 开一到九排顶部烧嘴考克阀。
 - (9) 当 TR1 - 105 达 200℃、TR1 - 109 达 140℃后, 准备 MS 升温。

六、MS 升温(二段转化及高低变)

- (1) 到辅操台按“SP - 6 开”按钮。
- (2) 渐关空气升温阀。
- (3) 开通 MS 进 101 - B 的线路。
- (4) 开进 101 - B 蒸汽量控制 FICA - 2 到 2.5 ~ 4t/h。

- (5) 控制 PI - 63 < 0.3 MPa。
- (6) 当关死空气升温阀后, 到辅操台停 101 - J。
- (7) 开 MIC - 19 向 103 - D 进中压蒸汽, 使 FI - 51 在 $1 \sim 2$ t/h。
- (8) 当 TRI - 109 达 160°C 后, 调整 FRCA - 2 为 9.3 t/h。
- (9) 调整 MIC - 19, 使 FI - 51 在 $2.5 \sim 3$ t/h。
- (10) 当 TRI - 109 达 190°C 后, 调整 PI - 63 为 $0.7 \sim 0.8$ MPa。
- (11) 在 TRI - 80/83 达 400°C 以前, FRCA - 2 提至 $32 \sim 35$ t/h, FI - 51 为 4.5 t/h。
- (12) 将 TRI - 105 提升至 760°C 。
- (13) 投用 TRCA - 10, 调整 TII - 6 不大于 280°C 。

七、投料(一段转化炉)

- (1) 开 102 - J。
 - ① 到辅操台按“102 - J 启动复位”按钮。
 - ② 现场投 102 - J 段间冷凝器 130 - C 的 CW 水。
 - ③ 102 - J 防喘震控制阀 FIC - 12 打开。
 - ④ 开 PIC - 69, 设定在 1.5 MPa 投自动。
 - ⑤ 现场全开 102 - J 出口阀。
 - ⑥ 开 102 - J 透平控制阀 PRC - 102。
- (2) 关 102 - J 大副线。
- (3) 当 PRC - 102 $> 103 - D$ 压力时, 渐开 108 - D 入炉阀。
- (4) 渐关 108 - D 出口放空, 投料至 FRCA - 1 达 30%。
- (5) FRCA - 1 加负荷 70% ($19645 \text{ Nm}^3/\text{h}$)。

八、加空气(二段转化及高低变)

- (1) 到辅操台按“停 101 - J”按钮, 使该按钮处于不按下状态。